

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 笹井 清二

魚類の鰓表皮に存在する塩類細胞は浸透圧調節に関して極めて重要な役割を担っている。ウナギは環境の様々な塩濃度に対する優れた適応能を有するため、古くから浸透圧調節のモデル生物として多くの生理学的研究に用いられてきた。しかし、これらは養殖ウナギを用いたものであり、野生魚を対象として生態学的観点から浸透圧調節機構やこれに関わる塩類細胞について研究した例はない。そこで本研究は、主に野外調査に基づいてウナギの生活史における塩類細胞の発達過程を明らかにし、各生活史段階の回遊行動に伴う塩類細胞の動態を明らかにすることを目的とした。

第 1 章の緒言に続く第 2 章では、生活史初期におけるウナギの塩類細胞の個体発生過程を Na^+ , K^+ -ATPase に対する抗体を用いた免疫組織化学的解析により明らかにした。人工授精で得られた胚では塩類細胞は卵黄囊上皮に、また孵化直後の仔魚では体表のほぼ全域に分布することがわかった。天然海域で採集された全長 32 mm のレプトケファルスでは、分化し始めた鰓の上皮上に塩類細胞が初めて確認された。その後、鰓の塩類細胞の数は個体の成長による鰓弁の発達に伴って増加した。変態の完了したシラスウナギでは伸長した一次鰓弁上に多数の塩類細胞が認められた。これより鰓が未発達な時期では、卵黄囊上皮や体表上に存在する塩類細胞が主に浸透圧調節に関わり、個体の成長に伴って塩分調節の場は卵黄囊上皮、体表から鰓へと移行・局在していくことが明らかになった。

第 3 章では、ウナギの回遊行動に伴う塩類細胞の動態を、養殖および天然のウナギを用いて明らかにした。まず、淡水中で飼育した養殖ウナギを海水に馴致したところ、一次鰓弁上の塩類細胞は数・サイズ共に増大したのに対し、二次鰓弁上の塩類細胞には顕著な変化は認められなかった。また、天然の河川（淡水）で採捕した定着期の黄ウナギでは、塩類細胞は一次鰓弁上と二次鰓弁上共に認められたが、成熟の始まった銀ウナギでは二次鰓弁上にはほとんどみられず、一次鰓弁上の細胞は黄ウナギより発達していた。このことから一次鰓弁上の塩類細胞は海水中で塩分の排出に、一方、二次鰓弁上の塩類細胞は淡水中でイオンの取り込みに関与しているものと考えられた。また、同じ淡水域に生息するにもかかわらず一次、二次鰓弁上の塩類細胞の数とサイズが黄ウナギと降海前の銀ウナギの間で大きく変化したのは、来るべき海水中での産卵回遊に備えた適応であると考えられた。

第 4 章では、河口域における数時間周期の急激な塩濃度変化に対する個体の行動と塩類細胞の応答をテレメトリーによる追跡調査と室内実験を併用して明らかにした。まず、河口域で採集した黄ウナギに超音波発信器を装着して 10 日間追跡した結果、昼間は物陰に潜み、夜間には狭い範囲内で活動する典型的な定着型の行動パターンを示すことがわかつ

た。また、これらの個体が経験した環境塩分濃度は、干潮時の 0.1PSU（ほぼ淡水）から満潮時の 32.5PSU（ほぼ海水）まで大きく変化した。これより、ウナギは短時間の急激な塩分変化に対しても特に顕著な回避行動を示さないことが明らかとなった。続いて、実験室内においてこれらのウナギに河口域の潮汐による塩分変化を与えてみたところ、塩類細胞と血中浸透圧は共に顕著な変化を示さなかった。以上のことから、ウナギは短時間の塩分変化に速やかに応答する即応型の浸透圧調節機構を備えているものと考えられた。

第 5 章では、これまで採捕例が少なく、生物学的知見の乏しい産卵回遊中の銀ウナギについて調査した。7 年間にわたる調査の結果、東シナ海男女群島周辺海域と五島列島姫島近海で計 72 尾の銀ウナギを採集することができた。銀ウナギの採集時期は 11 月から 3 月にわたった。これらのウナギは発達した目 (eye index: 3.2~8.0) と黒く大型化した胸鰭など銀ウナギの特徴を備えていた。また河川の銀ウナギに比べ、より発達した生殖腺 (GSI: 1.3~3.5) を有していることがわかった。これらのウナギの一次鰓弁上には発達した塩類細胞が多数認められた。一方、二次鰓弁上には塩類細胞はほとんど認められず、その数は河川内の銀ウナギの値と有意差はなかった。また、淡水移行実験の結果、海域を産卵回遊中の個体でも淡水適応能を保持していることが明らかとなった。しかし、成熟の進んだ個体ほど二次鰓弁上の塩類細胞の数は少ない傾向が認められ、成熟初期では広塩性を示すものの、成熟の進行に伴って淡水適応能を失っていくものと推察された。

最後にこれら一連の結果から第 6 章の総合考察では、ウナギの通し回遊行動の進化と浸透圧調節能の獲得過程について総合的に考察した。当初、一次鰓弁上にもみ存在して海水中で塩分の排出を司っていたウナギの塩類細胞は、通し回遊の進化の過程で、淡水中で塩類の取り込み機能を獲得した。さらには二次鰓弁上に淡水中でのみ機能する塩類細胞を配置することによって、ウナギはより効率的に浸透圧調節を行う広塩性魚へと変化していったものと考えられた。

以上本研究では、ウナギの浸透圧調節に関わる塩類細胞の個体発生と、野外における実際の回遊行動に伴う塩類細胞の応答を明らかにしている。また本研究は黄ウナギと銀ウナギの行動学的・生態学的な理解を飛躍的に発展させ、生態学と生理学を融合することによって魚類回遊の研究に新たな局面を切り開いた。よって、学術上、応用上寄与するところが少なくないと判断され、審査員一同は本論文が博士（農学）の学位論文としてふさわしいものと認めた。